

# EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

9669WD D3 A

PUBLICATION NUMBER : 63216105  
PUBLICATION DATE : 08-09-88

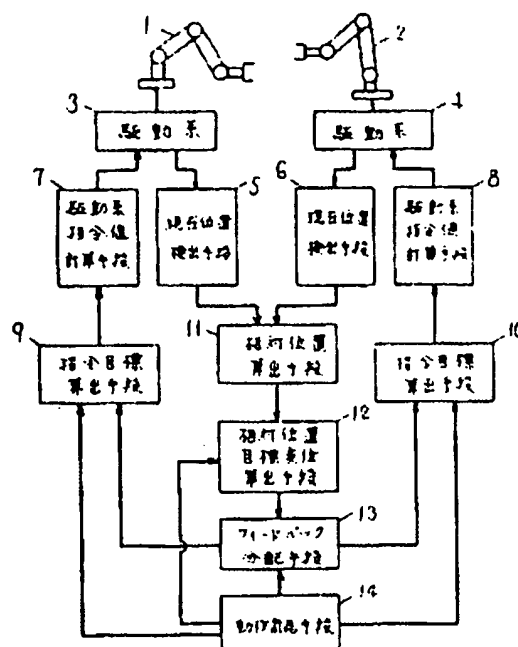
APPLICATION DATE : 05-03-87  
APPLICATION NUMBER : 62048761

APPLICANT : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL;

INVENTOR : SATO KAZUYOSHI;

INT.CL. : G05B 19/18

TITLE : PLURAL ARM CONTROLLER



**ABSTRACT :** PURPOSE: To attain the control more flexible than the control of dual arm operation held at a relative position by a command synchronization only by devising the controller such that feedback is applied to the relative position between hands of the plural arms.

**CONSTITUTION:** Present position detection means 5, 6 detecting/calculating the present position changed timewise of the arms 1, 2, a relative position calculation means 11 obtaining the relative position from the present position of each arm to be obtained, a relative position object displacement calculation means 12 calculating the difference between the actual obtained relative position and the scheduled relative position to be maintained in the operation and a feedback distribution means correcting the timewise operating object position to the command object calculation means 9, 10 of each arm to keep the scheduled relative position based on the difference between the calculated relative positions, are provided. The feedback loop relating to the relative position is adopted to make the actual relative position close to the object relative position.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio

⑫ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)9月8日

G 05 B 19/18

C-8225-5H

審査請求 有 発明の数 3 (全8頁)

⑭ 発明の名称 複腕制御装置

⑮ 特 願 昭62-48761

⑯ 出 願 昭62(1987)3月5日

⑰ 発 明 者 三 富 隆 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑱ 発 明 者 佐 藤 和 克 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑲ 出 願 人 工 業 技 術 院 長 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

複腕制御装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 独立に動作することが可能な複数のアームと、その制御装置から構成され、前記制御装置が、各アームごとにアーム先端のハンド位置データを受けて指定された位置にハンドを移動するためにアクチュエータの動作すべき駆動量データを計算する駆動系指令値計算手段と、駆動量データを受けてアクチュエータを動作させる駆動系と、複数のアームの同時動作における各アームのハンド位置動作経路と各アームのハンド間で保つべき相対位置を指定する動作計画手段と、動作計画手段によって指定された各アームのハンド位置動作経路に応じて、各アームの駆動系指令値計算手段または駆動系の動作サイクルに合わせて繰り返し動作すべきハンド位置データを各アームの駆動系指令値計算手段に送る各アームの指令目標算出手段と、逐次駆動系から検出されるアクチュエータの動作

量からハンド位置を算出する各アームの現在位置検出手段と、同時動作する複数アームのハンド位置から動作実行中の相対位置を算出する相対位置算出手段と、動作計画手段に指定された各アームのハンド間で保つべき相対位置と相対位置算出手段により算出されたハンド位置間の相対位置の相違を算出する相対位置目標算出手段と、算出された相違に応じて各アームの動作サイクルごとの動作目標位置の修正量を算出して各アームの指令目標算出手段に送るフィードバック分配手段とを有することを特徴とする複腕制御装置。

(2) 独立に動作することが可能な複数のアームと、その制御装置から構成され、前記制御装置が、各アームごとにアーム先端のハンド位置データを受けて指定された位置にハンドを移動するためにアクチュエータの動作すべき駆動量データを計算する駆動系指令値計算手段と、駆動量データを受けてアクチュエータを動作させる駆動系と、複数のアームの同時動作における各アームのハンド位置動作経路と各アームのハンド間で保つべき相対位

位置を指定する動作計画手段と、動作計画手段によって指定された各アームのハンド位置動作経路に応じて、各アームの駆動系指令値計算手段または駆動系の動作サイクルに合わせて繰り返し動作すべきハンド位置データを各アームの駆動系指令値計算手段に送る各アームの指令目標算出手段と、逐次駆動系から検出されるアクチュエータの動作量からハンド位置を算出する各アームの現在位置検出手段と、同時動作する複数アームのハンド位置から動作実行中の相対位置を算出する相対位置算出手段と、動作計画手段に指定された各アームのハンド間で保つべき相対位置と相対位置算出手段により算出されたハンド位置間の相対位置の相違を算出する相対位置目標位置算出手段と、算出された相違に応じて各アームの動作サイクルごとの動作目標位置の修正量を算出して各アームの指令目標算出手段に送るフィードバック分配手段と、複数アームの操作対象に関する情報を検出するセンサ手段と、センサ手段からの信号により各アームのハンド位置間で保つべき相対位置を動作実行

位置から動作実行中の相対位置を算出する相対位置算出手段と、動作計画手段に指定された各アームのハンド間で保つべき相対位置と相対位置算出手段により算出されたハンド位置間の相対位置の相違を算出する相対位置目標位置算出手段と、算出された相違に応じて各アームの動作サイクルごとの動作目標位置の修正量を算出して各アームの指令目標算出手段に送るフィードバック分配手段と、所定の相違を定める異常相対位置相違設定手段と、各アームのハンド位置の相対位置の相違が設定された所定の相違を越えた時に各アームの駆動系または指令目標計算手段または駆動系指令計算手段の実行を中断し、動作計画手段に異常発生の信号を送る相対位置異常検出手段とを有することを特徴とする制御制御装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 産業上の利用分野

本発明は、複数のアームの制御、特に複数アームの間でアーム先端にとりつけられたハンドを互いの相対位置を保って動作させる制御制御装置に

時に変更する相対位置目標修正手段とを有することを特徴とする制御制御装置。

(5) 独立に動作することが可能な複数のアームと、その制御装置から構成され、前記制御装置が、各アームごとにアーム先端のハンド位置データを受けて指定された位置にハンドを移動するためにアクチュエータの動作すべき駆動量データを計算する駆動系指令値計算手段と、駆動量データを受けてアクチュエータを動作させる駆動系と、複数のアームの同時動作における各アームのハンド位置動作経路と各アームのハンド間で保つべき相対位置を指定する動作計画手段と、動作計画手段によって指定された各アームのハンド位置動作経路に応じて、各アームの駆動系指令値計算手段または駆動系の動作サイクルに合わせて繰り返し動作すべきハンド位置データを各アームの駆動系指令値計算手段に送る各アームの指令目標算出手段と、逐次駆動系から検出されるアクチュエータの動作量からハンド位置を算出する各アームの現在位置検出手段と、同時動作する複数アームのハンド位

関するものである。

#### 従来の技術

複数のアームで物を持って運ぶというように複数のアームの先端にあるハンドの相対位置を一定にして動作をさせるための方法としては、予め計画された経路に関する動作の指令値を複数のアームに同時に送ることを繰り返して各アームが同期した指令の実行を行うことによる複数協調があった。

また、例えば3台のアームで1つのワークを運ぶといった作業においては、マスタスレーブの形で、ワークと1つのアームのハンドの間に作用する力をセンサで検出し、これを前記アームのハンドの動作位置または動作経路にフィードバックしてワークに作用する力を制御するという方法があった。

#### 発明が解決しようとする課題

ところが、上記の第1の方法では指令タイミングのズレや動作実行の遅れなどにより動作の同期が完全にはとれないことが多い。さらに、上記の方法では、指令の実行時間まで合わせる必要があ

り、特に複数のアームの機構や駆動系が異なる場合には、1つの指令に対する応答や動作の実行時間を合わせることは非常に困難であるという問題があった。

また、上記第2の場合のようにマスタースレーブ形式でアーム間の相対位置を調節する方法においては、例えば曲線的な動作経路をとる場合に、スレーブ側のアームの動作位置または動作経路を修正するためのプログラミングは非常に難しく、また、個々の作業動作に対してそのような特別なプログラムを作成することは手間のかかることもある。

問題点を解決するための手段

上記問題点を解決するために本発明では、各アームの時々刻々に変化する現在位置を検出、計算する現在位置検出手段と、求められた各アームの現在位置からその相対位置を求める相対位置算出手段と、求められた実際の相対位置と動作の中で保つべき予め計画された相対位置との相違を算出する相対位置目標位置算出手段と、算出された相

対位置間の相違から計画された相対位置を保つように各アームの指令目標算出手段へ時々刻々の動作目標位置の修正を行うフィードバック分配手段を備えている。

第2発明ではさらに、センサ情報によって保つべき相対位置が変化する場合のために、相対位置目標修正手段を備えている。

第3発明ではさらに、第1発明で算出される相対位置間の相違が許容範囲を超えた場合に実行中の動作を中断して適切な処理へ移るための相対位置異常検出手段を備えている。

作 用

第1図、第2図、第3図にそれぞれ第1発明、第2発明、第3発明のアーム数が2である場合の構成を示す。

各アームの動作は動作計画手段14によって計画され、各アームへのハンド位置動作指令データが、指令目標算出手段9、10を介して駆動系指令値計算手段7、8に送られる。駆動系指令値計算手段はハンド位置動作指令データに応じてア

ームを動作制御するための変換計算を行い、アーム動作を構成する駆動軸の制御を行う駆動系3、4に駆動値データを送る。駆動系により駆動軸は制御されてアームは動作する。駆動系は駆動軸の制御と同時に駆動軸の現在位置または動作量を検出して現在位置検出手段5、6に送る。現在位置検出手段はアームの駆動軸の現在位置または駆動量からハンドの現在位置を算出して相対位置算出手段11に送る。相対位置算出手段11は各アームのハンド位置から各ハンド位置の相対位置を算出し、相対位置目標位置算出手段12に送る。相対位置目標位置算出手段12は動作計画手段14から与えられた目標相対位置と相対位置算出手段11により与えられる実際の相対位置との相違を算出し、フィードバック分配手段13に送る。フィードバック分配手段は相対位置の相違をもとに、目標相対位置に実際の相対位置が近づくように各アームのハンド位置動作指令の修正値を算出し、各アームの指令目標算出手段に送る。指令目標算出手段は修正値を加味して駆動系指令値計算

手段に動作指令データを送る。この相対位置に関するフィードバックループにより、実際の相対位置を目標の相対位置に近づけることができる。

また第2発明においては、例えば複数のアームハンドの相対位置がワークに対して作用する力と関係する場合のように、動作時に保つべき相対位置を変化させる必要がある場合のために、相対位置目標修正手段16がセンサ手段15から送られる情報をもとに目標の相対位置を変化させ、この目標の相対位置に対して相対位置目標位置算出手段12は相対位置の相違を算出するため、動作中に変化する目標相対位置についてのフィードバックが行える。そのため、センサ手段15からの情報による相対位置へのフィードバックは、アームの動作経路とは無関係に、相対位置目標修正手段16に直接プログラムすることにより可能となる。

さらに第3発明においては、相対位置目標位置算出手段12で算出された目標に対する実際の相対位置の相違を、相対位置異常検出手段17がチェックして、相対位置に関する異常を検出する。

異常を検出すると相対位置異常検出手段17はこれを指令目標算出手段9, 10と動作計画手段14に知らせ、指令目標算出手段9, 10はアームの動作を中断させ、動作計画手段14は異常に対応した処理を実行することが可能である。

#### 実施例

第4図に本発明の一実施例における複数アームと制御装置の説明図を示す。本実施例で用いた2台のアーム1, 2は6自由度の運動が可能なる軸直多関節型ロボットアームであり、制御装置19からの制御によりそれぞれのアームは可動範囲内で任意の位置、姿勢に先端のハンドを移動することができる。第5図は本実施例における制御装置19の構成の説明図である。制御装置19は複数のマイクロコンピュータユニット21, 22, 23, 24と各アームの駆動系に相当する駆動モータサポ制御回路25, 26とから構成されている。各マイクロコンピュータユニットは共通のバス20に接続され、2ポートRAMを介して互いにデータ通信が可能であり、それぞれがマイクロコンピ

ュータとプログラムおよびデータの格納されるメモリを有している。本発明の動作計画手段14, 指令目標算出手段9, 10, 相対位置算出手段11, 相対位置目標変位算出手段12, フィードバック分配手段13, 相対位置目標修正手段16, 相対位置異常検出手段17, 異常相対位置相違設定手段18は、マイクロコンピュータユニット21のプログラムにより実現され、駆動系指令値計算手段7, 8と現在位置検出手段6, 9は各アームに対応してマイクロコンピュータユニット23, 24のプログラムで実現される。センサ手段15はセンサ27とマイクロコンピュータユニット22のセンサ情報処理を行うプログラムで実現される。

動作計画手段は、各アームのハンド位置姿勢の動作すべき軌道を決定し、各時刻において予定される各ハンドの位置姿勢データを各アームの指令目標算出手段に送り、各ハンドの間で保つべき相対位置データを相対位置目標修正手段に送る。センサ情報を用いた相対位置目標の修正を行わない場合は、各ハンドの間で保つべき相対位置データ

はそのまま相対位置目標変位算出手段に送られる。ここで、ハンドの位置姿勢は、次のような4×4行列で指定されるものである。

$$\begin{pmatrix} N_x & O_x & A_x & X \\ N_y & O_y & A_y & Y \\ N_z & O_z & A_z & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$(N_x, N_y, N_z)^T$ ,  $(O_x, O_y, O_z)^T$ ,  $(A_x, A_y, A_z)^T$  はそれぞれアーム先端のハンドに固定された座標系のX軸, Y軸, Z軸方向の単位ベクトルであり、 $(X, Y, Z)$  はハンドに固定された座標系の原点の位置ベクトルである。また、各ハンドの間で保つべき相対位置Rは、動作開始時の各ハンドの相対位置を保つものとして、動作開始時の各ハンドの位置姿勢 $H_i$  ( $i=1, 2$ )から、

$$R = H_1^{-1} \cdot H_2$$

として計算される。

各指令目標算出手段は、対応する各駆動系指令値計算手段に対し、動作計画手段から受けたデータにフィードバック分配手段からのデータにもと

づき補正をして、各時刻の指令目標としてのハンド位置姿勢データを送る。指令目標算出手段はフィードバック分配手段からもデータを受けるが、動作開始時は各ハンドの相対位置に変位がないためフィードバック分配手段からの影響を受けない。

駆動系指令値計算手段は、指令目標として与えられたハンド位置姿勢データに応じて変換計算を行い、動作すべきアームの関節角駆動量を算出し、駆動系に送る。駆動系は関節角駆動量に応じてモータを制御しアームを駆動させると同時に、モータの回転位置を検出している。現在位置検出手段は、検出される各関節の駆動モータ回転位置から各関節角度を算出し、さらに変換計算を行って実際のハンド位置姿勢を求める。

相対位置算出手段は、現在位置検出手段で求められた実際の各ハンドの位置姿勢をもとに実際の相対位置を算出する。実際の各ハンドの位置姿勢を $H_i'$  ( $i=1, 2$ )とすると実際の相対位置 $R'$ は、

$$R' = H_1'^{-1} \cdot H_2'$$

で計算される。

相対位置目標変位算出手段は、相対位置目標と実際の相対位置の相違を算出し、フィードバック分配手段に送る。相対位置目標と実際の相対位置との相違 $D$ は、

$$D = R \cdot R^{-1}$$

で計算される。

フィードバック分配手段は、相対位置目標と実際の相対位置の相違 $D$ をもとに、相違を補うような指令変位を計算し各アームの指令目標算出手段に送る。アーム1への指令変位 $E_1$ とアーム2への指令変位 $E_2$ は、

$$E_1 = k_1 \cdot D^{-1} + (1 - k_1) I$$

$$E_2 = k_2 \cdot D + (1 - k_2) I$$

ただし、 $I$ は単位行列

で得られる $E_1, E_2$ の左上 $3 \times 3$ の要素について直交正規化したものを $E_1, E_2$ とする。 $k_1$ と $k_2$ は動作プログラムにより指定されて動作計画手段から送られる定数であり、相対位置に関するフィードバックの重み係数である。すなわち、 $k_1 = 0$ ならば、フィードバックはアーム2に対してのみ

のアームとワークの間に作用する力の変化として現われるものとし、ハンドの相対位置変位が $d$ で

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & d+l \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

すなわちハンド間の距離が $l+d$ の時に、アームとワークの間に作用する力 $f_0$ が力センサによって検出されると仮定する。実際の動作において、機械的誤差、座標系設定の誤差等のために $f_0 = f_0 + f_d$ が力センサにより検出されたとすると、相対位置目標修正手段は

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & d+l+\frac{f_d}{k} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

と、相対位置目標を変更する。これにより、フィードバック分配手段の重みづけ係数が $k_1 = k_2 = 0.5$ とすると、各アームの指令目標算出手段に対して、ハンドに固定された座標系の $x$ 方向に $-f_d/2k$ の

かけられ、 $k_1 = k_2$ ならば、フィードバックは2つのアームに等しくかけられることになる。

各アームの指令目標算出手段は、フィードバック分配手段からの指令変位 $E_i$  ( $i=1, 2$ )を動作計画手段により送られた次の目標指令 $H_{2i}$  ( $i=1, 2$ )に乗じて

$$H_i = H_{2i} \cdot E_i \quad (i=1, 2)$$

を指令目標のハンド位置姿勢データとして駆動系指令値計算手段に送る。

次に、センサ情報を用いて相対位置を変化させる場合について説明する。センサ手段から与えられた情報に応じて相対位置目標修正手段は相対位置目標 $R$ を修正する。

第6図に示す例は、ワークを2台のアームで支持して運ぶ動作である。ワークを支持するために、2台のアームのハンドとワークの間に力が作用しなければならない。この力が $f_0 - f_x < f_0 + f_x$ の範囲にある必要があり、さらに、ワークからアームに取り付けられた力センサまでのバネ定数が $k$ であり、ハンド間の距離の変化 $dd$ が $df = k \cdot dd$

目標位置の修正がかけられる。アームとワークの間に作用する力の方向とワークの移動方向が一致する場合は、次の指令目標により、一方のアームは速く、他方のアームは遅く動作するフィードバックをかけたことになる。

最後に、相対位置異常検出手段について説明する。本実施例における相対位置異常検出手段は、相対位置目標変位算出手段により求められる相対位置目標と実際の相対位置の相違 $D$ のチェックをして、目標と実際の相違が所定の値より大きい場合に各マイクロコンピュータユニットに割込み信号を発生させてエラーを知らせる。相違 $D$ のチェックは、次のようにして行われる。

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} \end{pmatrix}$$

$$d_1 = d_{14}^2 + d_{24}^2 + d_{34}^2 - e_1$$

$$d_2 = d_{11}^2 + d_{22}^2 + d_{33}^2 - e_2$$

を計算し、 $a_1$  または  $a_2$  が正の場合に異常とみなす。ここで、 $a_1$  は、相対位置の距離に関する相違を表わし、 $a_2$  は、相対位置の回転量に関する相違を表わすものであり、 $a_1$  と  $a_2$  は、 $a_1$  と  $a_2$  に対応して異常相対位置相違設定手段によって設定されるパラメータである。 $a_1$  と  $a_2$  は、メモリに格納されている値であり、動作プログラムによって異常相対位置設定手段を介して作業内容に応じた値に更新することができる。

第7図に相対位置保持の複腕動作を行う際のマイクロコンピュータユニット21の処置のフローチャートを示す。

以上、6自由度の運動が可能である2アームの場合の実施例について説明したが、アームの自由度が異なる場合は上記の計算内容も変える必要がある。例えば3自由度の位置のみを制御できるアームの場合は、上記のハンド位置姿勢および相対位置データ等を3次元の位置ベクトルとし、行列の積をベクトルの加算とし、逆行列をベクトル成分の符号を反転したものとすればよい。

#### 発明の効果

本発明により、複腕アームのハンド間の相対位置にフィードバックをかけることができ、指令同期のみによる相対位置保持の複腕動作の制御よりも対応力のある制御ができる。また、第2発明によりハンド間の相対位置に関するセンサフィードバックを行う動作のプログラム作成が容易に行えるようになる。さらに、第3発明により、ハンド間の相対位置に関する異常検出が行われ、相対位置が重要な意味を持つ複腕作業における異常発生を容易にプログラム内で検出できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は第1発明の説明図、第2図は第2発明の説明図、第3図は第3発明の説明図、第4図は本発明の一実施例における2台のアームと制御装置の説明図、第5図は本発明の一実施例における制御装置の構成の説明図、第6図は第2発明の適用例の説明図、第7図a、bはフローチャートである。

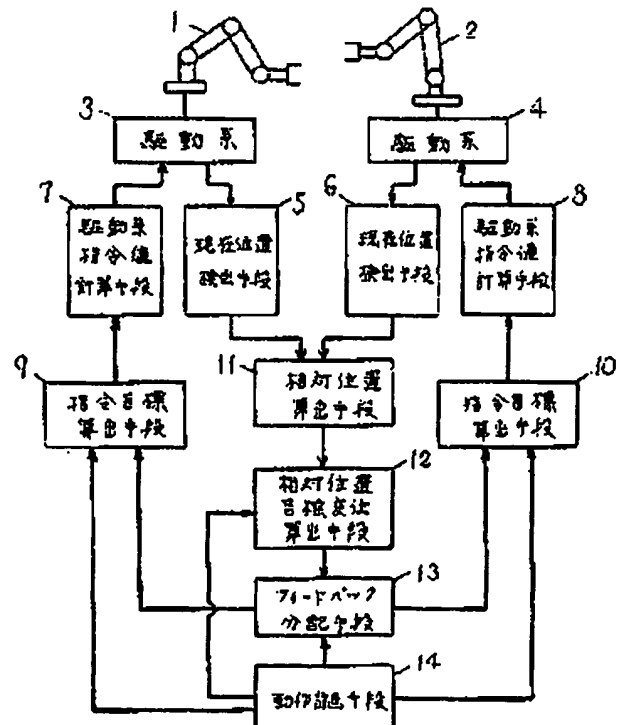
1, 2……アーム、3, 4……駆動系、5, 6

……現在位置計算手段、7, 8……駆動系指令値計算手段、9, 10……指令目標算出手段、11……相対位置算出手段、12……相対位置目標変位算出手段、13……フィードバック分配手段、14……動作計画手段、15……センサ手段、16……相対位置目標修正手段、17……相対位置異常検出手段、18……異常相対位置相違設定手段、19……制御装置、20……バス、21, 22, 23, 24……マイクロコンピュータユニット、25, 26……駆動モーターが制御回路、27……センサ、28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39……駆動モータ、40……ワーク、41……力センサ。

特許出願人

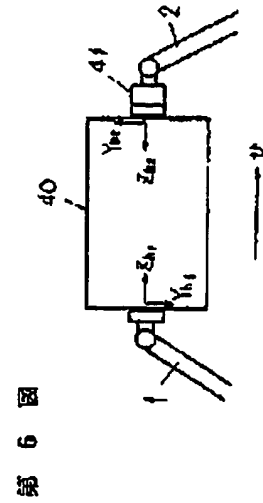
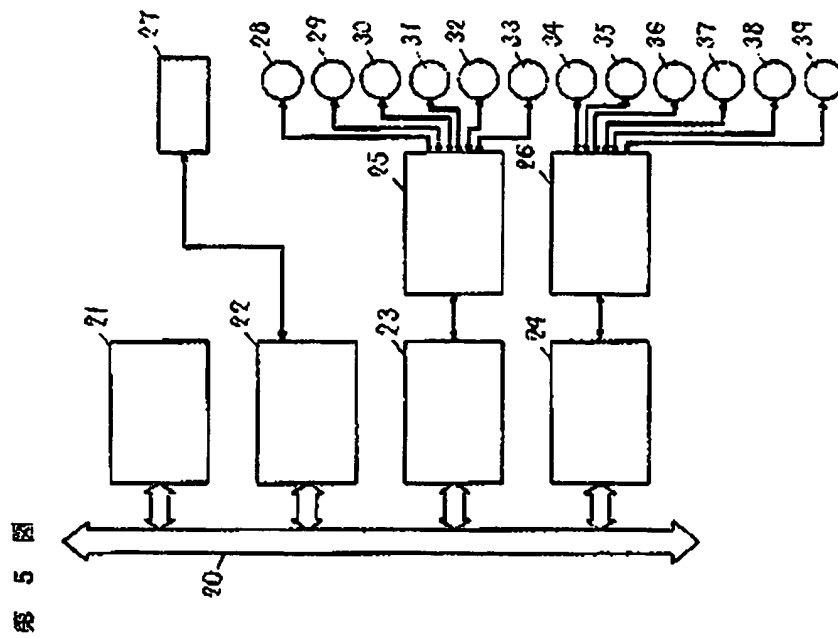
工業技術院 飯 塚 幸 三

第 1 図

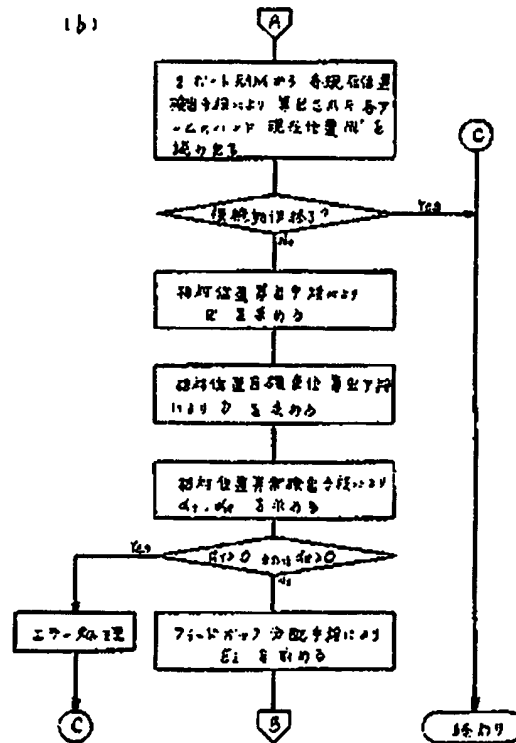








第 7 圖



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**